



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Patentschrift**  
⑩ **DE 41 05 642 C 2**

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**G 01 R 27/02**  
G 01 R 19/32  
G 01 R 25/00  
G 01 D 3/04  
H 03 D 3/02  
G 01 D 5/14

⑳ Aktenzeichen: P 41 05 642.6-35  
㉑ Anmeldetag: 22. 2. 91  
㉒ Offenlegungstag: 3. 9. 92  
㉓ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 9. 9. 93

DE 41 05 642 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉔ Patentinhaber:

Thiessen, Rainer, 8000 München, DE; Plankl, Helmut,  
85586 Poing, DE

㉕ Erfinder:

gleich Patentinhaber

㉖ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 39 10 597 A1  
DE 37 27 265 A1  
DE 36 02 107 A1

㉗ Verfahren zur Temperaturkompensation an einem induktiven oder kapazitiven Aufnehmer zur Erfassung einer  
Meßgröße

DE 41 05 642 C 2

BEST AVAILABLE COPY

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Temperaturkompensation an einem induktiven oder kapazitiven Aufnehmer zur Erfassung einer Meßgröße nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, 2 oder 3.

Induktive Aufnehmer werden z. B. als Differentialdrosseln oder Differentialtransformatoren (LVDT) vor allem in der Wegmessung, besonders unter rauen Umgebungsbedingungen und in weiten Temperaturbereichen eingesetzt.

Kapazitive Aufnehmer finden vor allem als Näherungssensoren und Feuchtemesser Anwendung.

Ein Problem besteht bei diesen Aufnehmern darin, daß die Messungen von der Temperatur des Aufnehmers beeinflußt werden.

Es sind verschiedene Verfahren zur Verminderung des Temperatureinflusses des Ausgangssignals bei induktiven und kapazitiven Aufnehmern bekannt.

So kann man einen Temperaturfühler am Aufnehmer anbringen, und die Signalauswertung des Aufnehmers entsprechend korrigieren, oder, wie in der aus der DE 37 27 265 A1 bekannten Anordnung ein Bauelement einbauen, das einen Temperaturkoeffizienten aufweist, der dem des Aufnehmers gegenläufig ist.

Diese Bauelemente bedeuten jedoch zusätzlichen Aufwand beim Einbau und messen die Temperatur nicht dort, wo sie Störungen verursacht, nämlich im Aufnehmer selbst.

Auch sind Verfahren bekannt, wie in der DE 36 02 107 A1 beschrieben, wo der Oszillator am Eingang so geregelt wird, daß die Summe der Ausgangsspannungen gleichbleibt. Regelbare stabile Oszillatoren sind aber wesentlich schwieriger aufzubauen als nicht regelbare. Bekannt ist auch aus der DE 39 10 597 A1 ein Verfahren, bei dem als Maß für die Temperatur des Aufnehmers der Ohmsche Widerstand der Primärspule gemessen und das Ausgangssignal korrigiert wird. Nachteilig an der aus der DE 39 10 597 A1 bekannten Einrichtung ist, daß die Spulen induktiver Sensoren generell mit Wechselströmen betrieben werden, so daß die Messung des Ohmschen Widerstandes nicht einfach und preiswert zu realisieren ist. Außerdem wird hier nur die Widerstandsänderung des Leiterwerkstoffes gemessen. Der Temperatureinfluß auf induktive Aufnehmer bei Wechselstrombetrieb hat aber mehrere verschiedene Komponenten. So existieren bei üblichen Oszillatorfrequenzen um 10 kHz Wirbelstromverluste, die sich auch als nicht vernachlässigbarer ohmscher Widerstand bemerkbar machen. Außerdem wird hier nur der Temperatureinfluß auf die Primärspule kompensiert.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, auf einfache und praktikable Art eine Verringerung der Temperaturabhängigkeit des Ausgangssignals von induktiven oder kapazitiven Aufnehmern zu ermöglichen,

- ohne daß zusätzliche temperaturempfindliche Bauelemente am Aufnehmer befestigt werden müssen, und
- ohne daß der Oszillator nachgeregelt wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im kennzeichnenden Teil der Ansprüche 1, 2 oder 3 jeweils angegebenen Merkmale gelöst. Die Größen Strom und Spannung sind dabei Wechselgrößen gleicher Frequenz, die durch ihre Amplitude und Phasenverschiebung gegeneinander charakterisiert sind. So ist es möglich, wäh-

rend der laufenden Messung, ohne Unterbrechung, und ohne Anbringung eines Temperaturfühlers, ein Naß für den Temperatureinfluß zu gewinnen, wie er im Wechselstrombetrieb im induktiven Aufnehmer selbst entsteht, und den Temperatureinfluß in der Auswertelektronik entsprechend zu korrigieren.

Dazu können bei Verwendung eines phasenselektiven Demodulators in der Auswertelektronik die Schaltpunkte des phasenselektiven Demodulators nicht, wie üblich, in den Nulldurchgang des umzuschaltenden Signals gelegt werden, sondern an eine Stelle, an der die Temperaturabhängigkeit des Ausgangssignals minimal wird.

Das beschriebene Verfahren funktioniert nicht nur bei sinusförmigen Wechselgrößen am Eingang, sondern auch bei anderen Signalverläufen, so z. B. bei der Anregung mit rechteckförmigen Pulsen oder Pulsfolgen, wie sie bei Wirbelstromaufnehmern oft verwendet werden.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

Fig. 1 zeigt das Grundprinzip der Erfindung.

Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Erfindung unter Verwendung eines Differentialtransformators und eines phasenselektiven Demodulators als Auswertelektronik.

Fig. 3 zeigt die Signalverläufe in der Elektronik gemäß Fig. 2.

Fig. 4 zeigt die Temperaturdrift mit und ohne Kompensation.

Wie in Fig. 1 zu sehen ist, wird ein Aufnehmer A mit komplexer Impedanz an der Eingangsseite von einem Oszillator O gespeist, so daß eine Wechselspannung U anliegt und ein Wechselstrom I fließt. Der Aufnehmer A liefert am Ausgang ein oder mehrere Signale S, aus denen die Auswertelektronik AE ein Ausgangssignal AS gewinnt, das der Meßgröße X entspricht.

Die Steuerelektronik SE bildet nun aus einer der beiden Eingangsgrößen U oder I, oder deren Phasen- oder Amplitudenverhältnis ein Steuersignal ST mit dem die Auswertelektronik AE so beeinflußt wird, daß die Temperaturabhängigkeit minimal wird.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung gemäß Fig. 2 und Fig. 3 verwendet einen Differentialtransformator als induktiven Aufnehmer A zur Wegmessung X und einen phasenselektiven Demodulator, der aus der Steuerelektronik SE, den Verstärkern V+, V- und dem Umschalter US besteht.

In diesem Ausführungsbeispiel wird der Strom I in die Primärspule PS eingepreßt und induziert über die magnetische Kopplung durch den Kern K in den Sekundärspulen SS Wechselspannungen, zwischen denen die Differenz S gebildet wird. Die Amplitude der Wechselspannung als Signal S am Ausgang des Aufnehmers ist ein Maß für die Verschiebung des Kernes K also für die Meßgröße X. Um daraus ein Ausgangssignal AS zu gewinnen, das der Meßgröße X entspricht, die ja ein Gleichsignal ist, wird günstigerweise ein phasenselektiver Demodulator verwendet, der von Wechselspannungen am Eingang des induktiven Aufnehmers A gesteuert wird.

Der Verstärker V+ verstärkt das Signal S, während V- ein um 180° phasenverschobenes Signal erzeugt. Der Umschalter US wird über die Steuerelektronik SE von der Primärseite des Aufnehmers A gesteuert, so daß nach der Glättung im Filter F eine Gleichspannung anliegt, die der Meßgröße X entspricht.

Üblicherweise wird die Steuerelektronik SE so eingestellt, daß der Umschalter US jeweils die an V+ oder V- anliegenden positiven Halbwellen aneinanderreicht,

also im Nulldurchgang des Signals S umschaltet. Dies reduziert die Oberwellen, die im Filter F geglättet werden müssen.

Gegenstand der Erfindung ist es aber, daß diese Umschaltunkte nicht in den Nulldurchgang des Signals S gelegt werden, sondern, um einen optimalen Phasenwinkel  $\Phi_{opt}$  an eine andere Stelle des Signals S verschoben, und zwar dorthin, wo sich die Temperatureinflüsse im Aufnehmer A kompensieren.

Die Wirkungsweise wird bei einer Temperaturerhöhung anhand von Fig. 3 näher erläutert.

Fig. 3a zeigt den sinusförmigen Strom I der am Eingang des Aufnehmers A eingeprägt wird.

In Fig. 3b ist die Primärspannung U am Eingang des Aufnehmers zu sehen, die sich bei einer Temperaturerhöhung U' mit ändert. Die Primärspannung hat nach der Temperaturerhöhung eine andere Amplitude und eine andere Phasenlage verglichen mit dem Primärstrom, als vorher.

Die Spannung S (Fig. 3d) ist ebenfalls nach einer Temperaturerhöhung in der Phasenlage und Amplitude gegenüber dem eingeprägten Strom I geändert.

Werden nun die Schaltunkte des phasenselektiven Demodulators durch die Nulldurchgänge der Eingangsspannung U gesteuert, und um den optimalen Phasenwinkel  $\Phi_{opt}$  konstant verschoben, so ergibt sich ein Signal von aneinandergereihten Teilwellen TW nach Fig. 3f und Fig. 3g, die im Filter P zu einer Gleichspannung geglättet werden.

Bei der angenommenen Temperaturerhöhung erhöht sich die Amplitude dieser Teilwellen. Es verschieben sich jedoch die Umschaltunkte des phasenselektiven Demodulators durch die temperaturbedingte Verschiebung der Phasenlage der Primärspannung U, U', die den Umschalter steuert weiter nach rechts (Fig. 3g). Dadurch werden die negativen Teilwellen NW stärker angeschnitten, die positiven Teilwellen PW dagegen schwächer, so daß die Amplitudenerhöhung kompensiert wird, und die Fläche unter der Kurve, die die Ausgangsspannung AS bestimmt, durch die Temperaturänderung weniger beeinflusst wird.

Ein einfaches Ausführungsbeispiel für den Aufbau einer Steuerelektronik SE zeigt Fig. 2a. Es handelt sich um eine Phasenschieberbrücke und einen Komparator.

Die Ergebnisse eines Versuchs sind in Fig. 4 aufgezeigt. Zu sehen ist die auslenkungsabhängige Änderung des Ausgangssignals AS, hier  $\Delta AS$  genannt, bei einer Temperaturerhöhung um 60 K. Die durchgezogenen Linien zeigen die Änderung bei einer Auswertelektronik mit Effektivwertbildung, also ohne Kompensation, während die gestrichelten Linien die Drift bei Verwendung eines phasenselektiven Demodulators mit eingestelltem optimalen Phasenwinkel  $\Phi_{opt}$  zeigt.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Temperaturkompensation an einem induktiven oder kapazitiven Aufnehmer (A) zur Erfassung einer Meßgröße (X), der als Eingangsgrößen eine Wechselspannung (U) und einen Wechselstrom (I) aufweist, wobei eine der beiden Größen eingeprägt wird, der an der Ausgangsseite mindestens ein Signal (S) liefert, aus dem oder denen eine Auswertelektronik (AE) ein der Meßgröße (X) entsprechendes Ausgangssignal (AS) erzeugt, dadurch gekennzeichnet, daß mit einer Steuerelektronik (SE) aus einer der beiden Eingangsgrößen ein Steuersignal (ST) erzeugt wird,

das die Auswertelektronik (AE) so beeinflusst, daß die Temperaturabhängigkeit des Ausgangssignals (AS) minimal wird.

2. Verfahren zur Temperaturkompensation an einem induktiven oder kapazitiven Aufnehmer (A) zur Erfassung einer Meßgröße (X), der als Eingangsgrößen eine Wechselspannung (U) und einen Wechselstrom (I) aufweist, wobei eine der beiden Größen eingeprägt wird, der an der Ausgangsseite mindestens ein Signal (S) liefert, aus dem oder denen eine Auswertelektronik (AE) ein der Meßgröße (X) entsprechendes Ausgangssignal (AS) erzeugt, dadurch gekennzeichnet, daß eine Steuerelektronik (SE) aus dem Amplitudenverhältnis der Eingangsgrößen zueinander ein Steuersignal (ST) erzeugt, das die Auswertelektronik (AE) so beeinflusst, daß die Temperaturabhängigkeit des Ausgangssignals (AS) minimal wird.

3. Verfahren zur Temperaturkompensation an einem induktiven oder kapazitiven Aufnehmer (A) zur Erfassung einer Meßgröße (X), der als Eingangsgrößen eine Wechselspannung (U) und einen Wechselstrom (I) aufweist, wobei eine der beiden Größen eingeprägt wird, der an der Ausgangsseite mindestens ein Signal (S) liefert, aus dem oder denen eine Auswertelektronik (AE) ein der Meßgröße (X) entsprechendes Ausgangssignal (AS) erzeugt, dadurch gekennzeichnet, daß aus der Phasenverschiebung beider Eingangsgrößen gegeneinander durch eine Steuerelektronik (SE) ein Steuersignal (ST) erzeugt wird, das die Auswertelektronik (AE) so beeinflusst, daß die Temperaturabhängigkeit des Ausgangssignals (AS) minimal wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Auswertung der Signale (S) an der Ausgangsseite des Aufnehmers (A) ein phasenselektiver Demodulator verwendet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Steuerelektronik (SE) aus der Phasenlage der nicht eingeprägten Eingangsgröße in Bezug auf die eingeprägte Eingangsgröße, oder in Bezug auf die Phasenlage eines der Signale (S) an der Ausgangsseite ein Steuersignal (ST) erzeugt, das die Auswertelektronik (AE) so steuert, daß die Temperaturabhängigkeit des Ausgangssignals (AS) minimal wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5 dadurch gekennzeichnet, daß das von der Steuerelektronik (SE) erzeugte Steuersignal (ST), das die Schaltunkte der Auswertelektronik bestimmt, um einen optimalen Phasenwinkel ( $\Phi_{opt}$ ) gegenüber dem Signal (S) verschoben ist, so daß die Temperaturabhängigkeit des Ausgangssignals (AS) minimal wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6 dadurch gekennzeichnet, daß der optimale Phasenwinkel ( $\Phi_{opt}$ ) so eingestellt wird, daß die durch eine Temperaturänderung im Aufnehmer (A) entstehende Änderung der Amplitude des Signals (S) an der Ausgangsseite des Aufnehmers (A) durch die temperaturbedingte Verschiebung der Schaltunkte des phasenselektiven Demodulators so kompensiert wird, daß die Temperaturabhängigkeit des Ausgangssignals (AS) minimal wird.

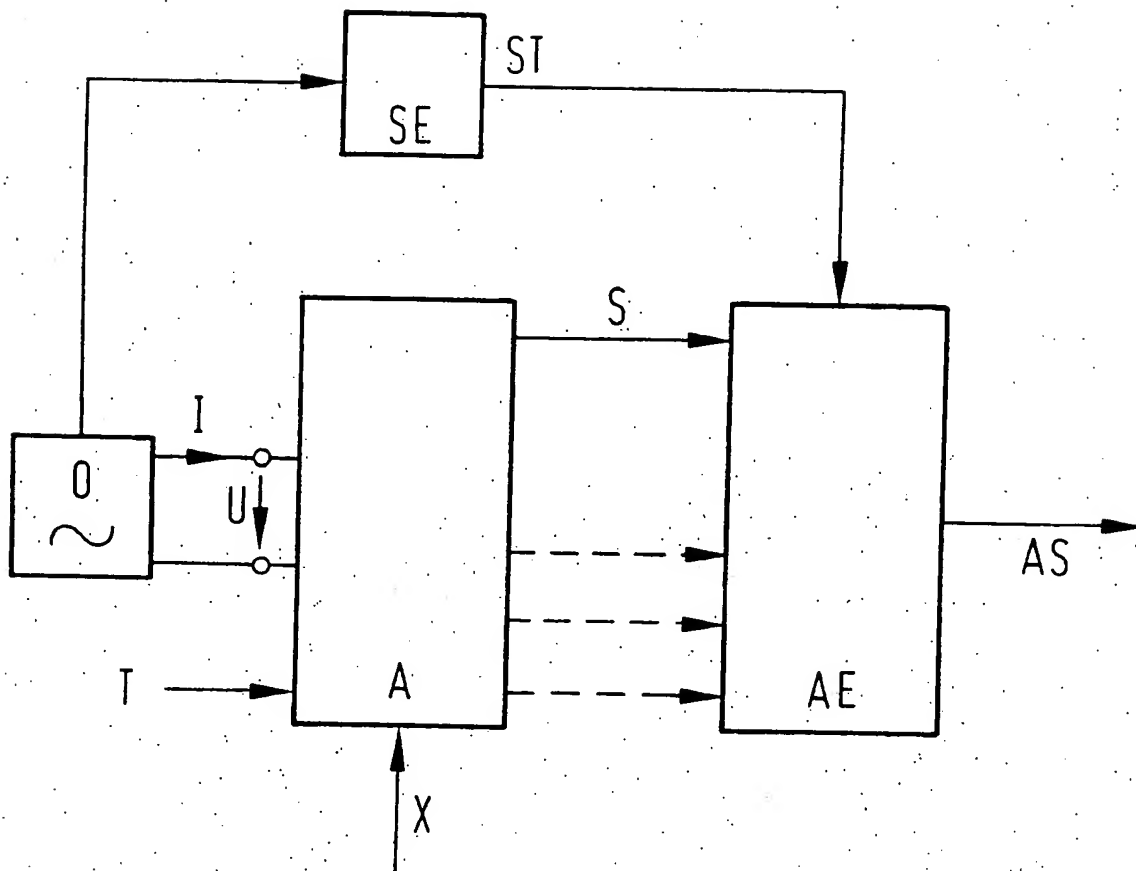
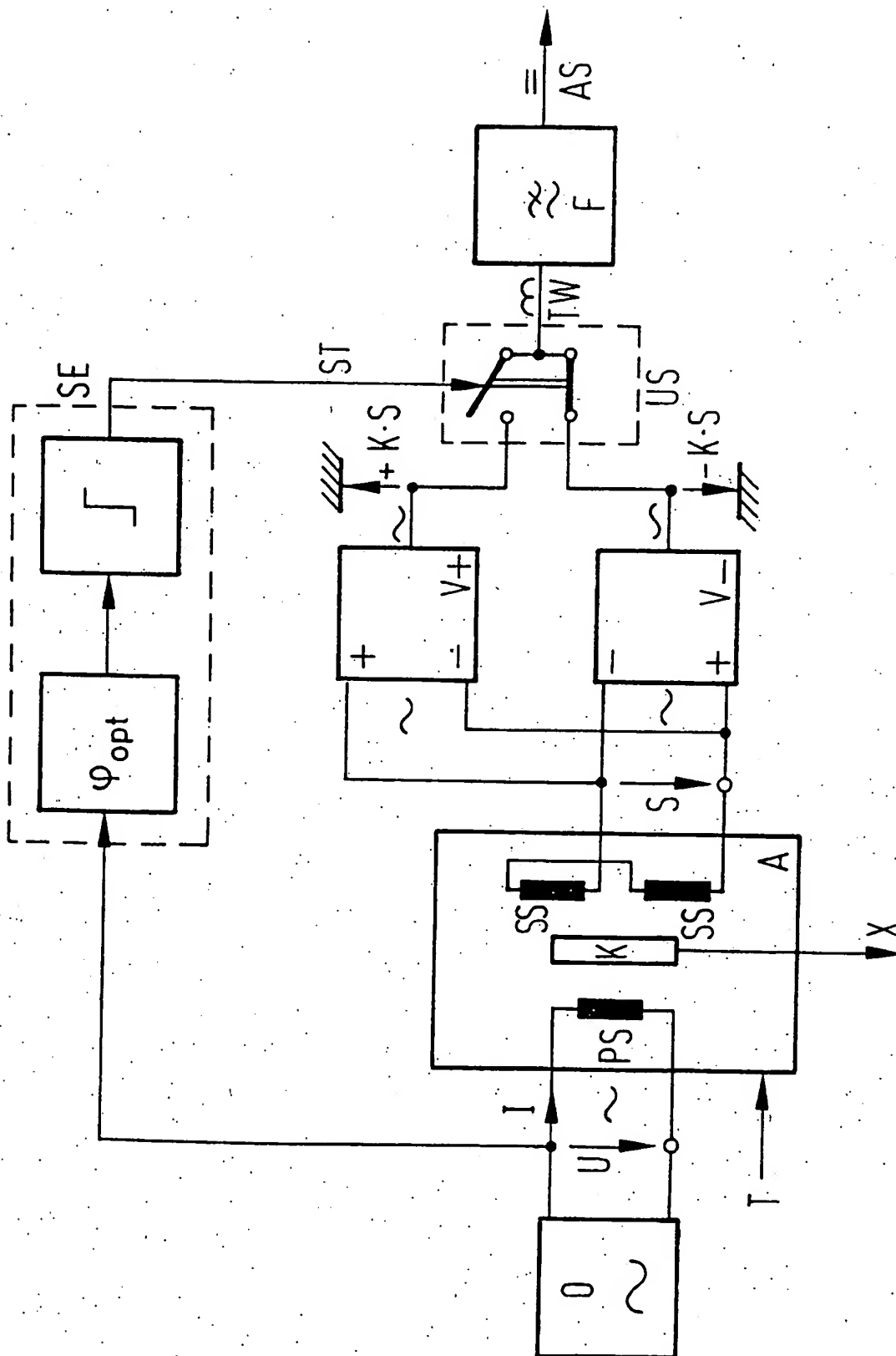


Fig. 1



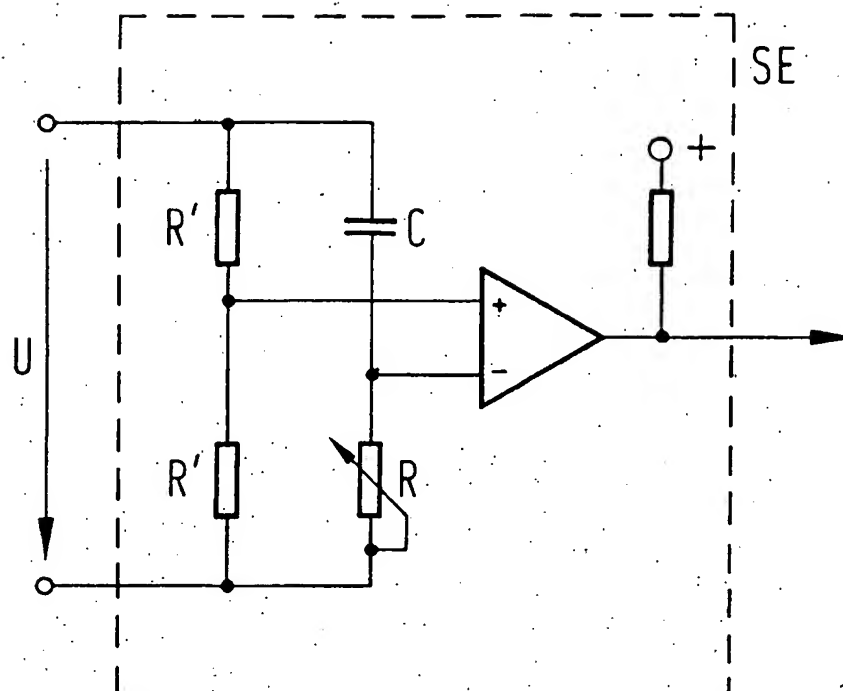


Fig. 2a

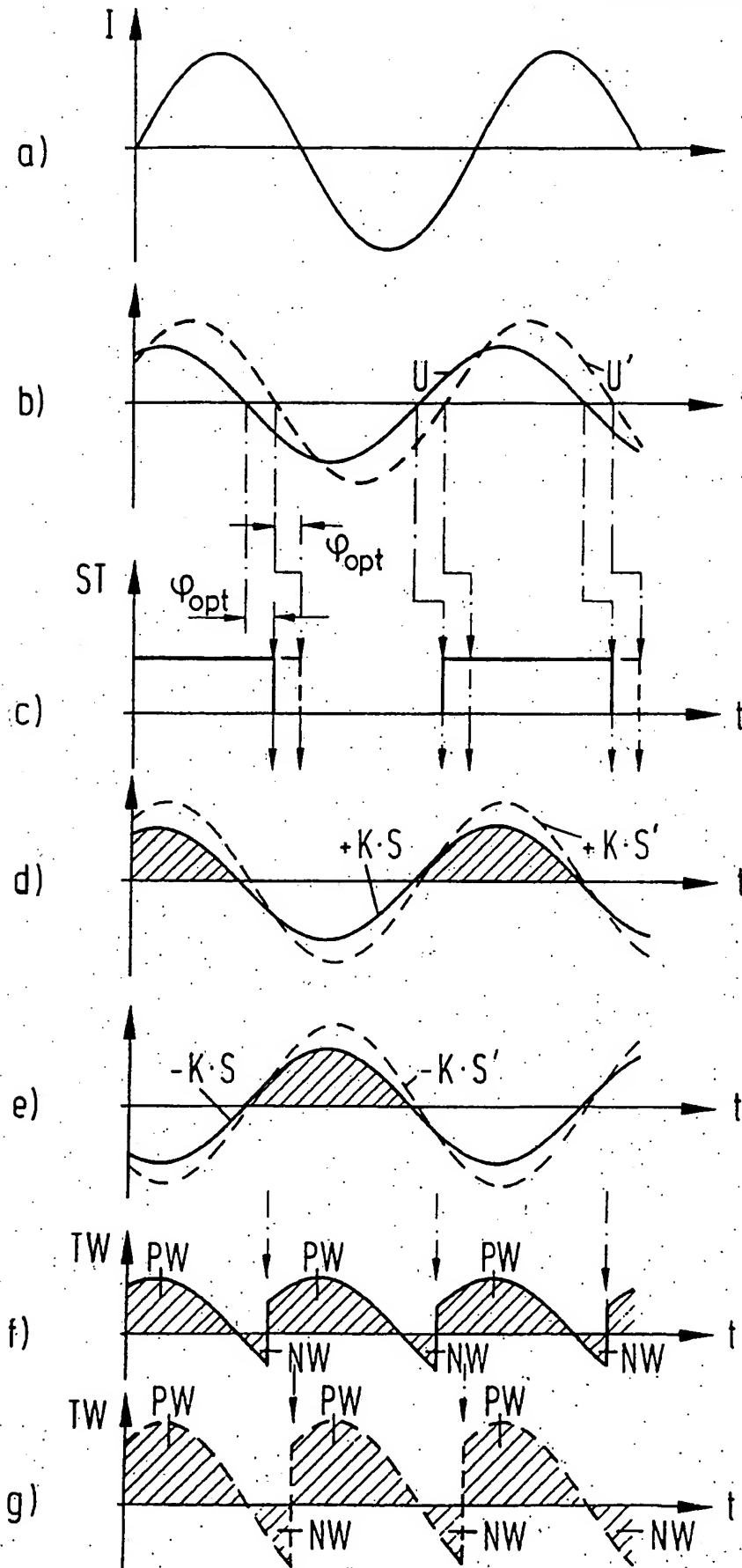


Fig. 3

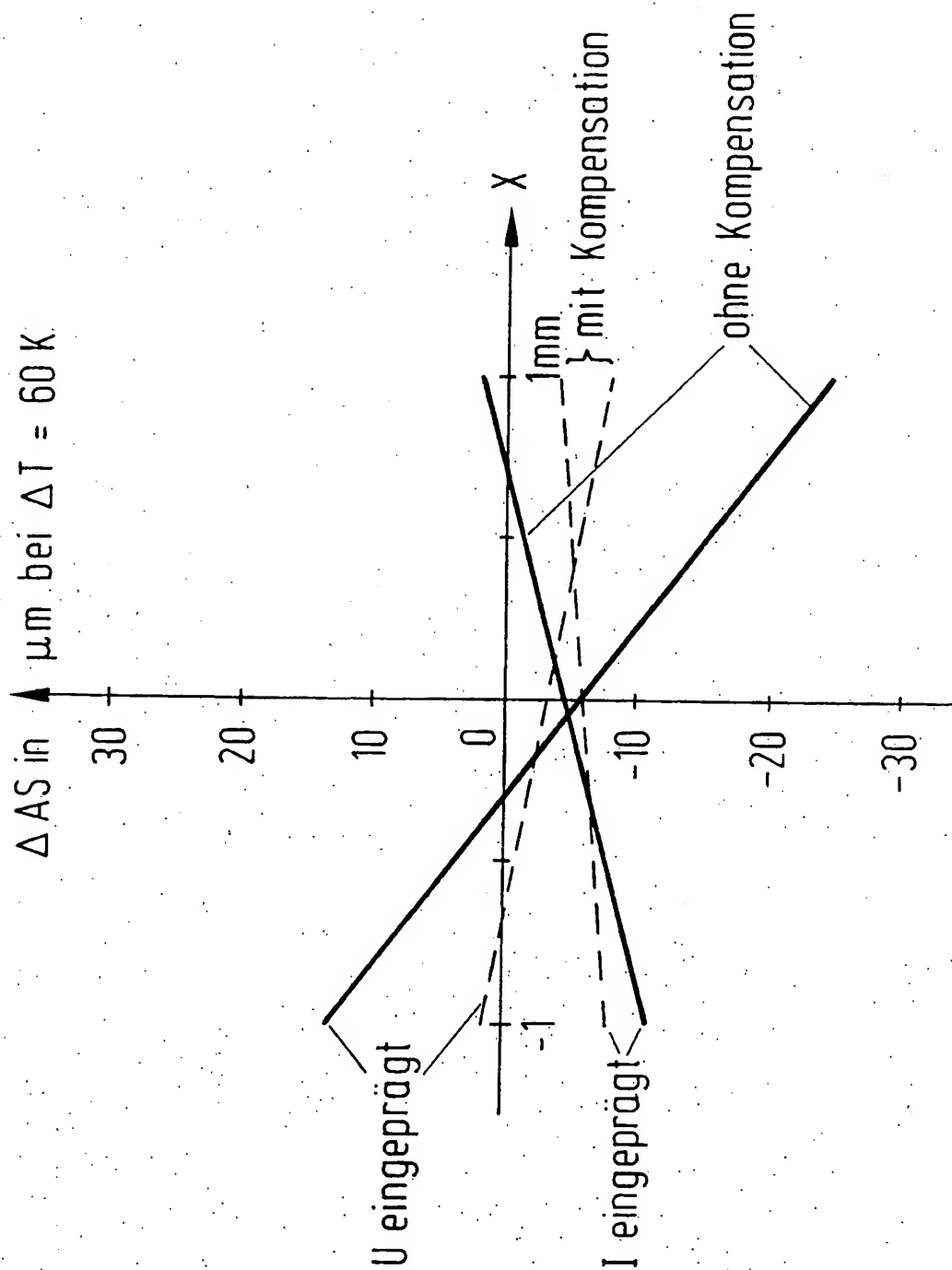


Fig. 4



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**